

클로렐라를 첨가하여 제조한 두부의 품질특성과 저장성

김성숙 · 박민경 · 오남순¹ · 김동청² · 한민수³ · 인만진*

청운대학교 식품영양학과, ¹공주대학교 식품공학과,
²순천제일대학 식생활학부, ³(주)해찬들 식품연구소

(2002년 8월 16일 접수, 2002년 12월 11일 수리)

클로렐라를 첨가하여 기능성 두부를 제조함에 있어 클로렐라의 첨가량이 두부의 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 건조 대두를 기준으로 클로렐라를 0.5~2.0% 첨가하여 제조한 두부의 수율, 물성, 색도, 저장성 및 관능적인 특성을 클로렐라를 첨가하지 않고 제조한 일반두부와 비교하였다. 수율은 클로렐라를 1% 첨가한 경우 일반두부에 비하여 10% 이상 향상되었다. 클로렐라를 첨가함으로써 두부의 물성 중 견고성, 검성과 씹힘성이 증가하였으며, 색도는 L값, a값, b값 모두 첨가량에 비례하여 감소하였다. 관능적 특성은 조직감 이외의 항목에서는 일반두부와 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 제조한 두부를 15°C로 보관하면서 pH와 총균수의 변화를 측정할 결과 클로렐라를 0.5~1.0% 첨가한 두부에서 pH 하락과 미생물 생육이 효율적으로 지연되었다.

Key words: 클로렐라, 두부, 저장성

서 론

우리 나라 전통식품중의 하나인 두부는 곡류 위주의 식생활에서 부족되기 쉬운 lysine과 같은 필수 아미노산이 풍부하고 소화율이 높아 양질의 단백질 공급원으로 널리 애용되는 식품중의 하나이다. 그러나 두부는 80% 이상의 수분 때문에 보존성이 열악하여 저장과 유통면에서 어려움이 많은 식품이다. 두부의 저장성 향상을 위하여 물리적으로 두부를 microwave나 고압으로 처리하는 방법,^{1,2)} Ca²⁺ 이온 이외에 다양한 화합물을 응고제로 사용하는 방법,^{3,5)} 두부 침지액에 보존성을 향상시킬 수 있는 유기산이나 키토산 등을 첨가하는 방법⁵⁻⁷⁾ 등이 보고되어 있으며, 시중의 포장 두부는 포장 후 65~80°C에서 열처리하고 냉각시킨 후 냉장 유통되고 있다. 그러나 포장하지 않은 두부는 저장기간이 실온에서 1~2일로 극히 짧아 유통상에 큰 불편함을 초래하고 있다.

최근에는 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 천연 소재를 두부에 첨가하여 두부의 기능성 보완과 저장성 향상을 동시에 추구하려는 연구^{8,9)}가 활발하게 진행되고 있다. 담수조류의 일종인 클로렐라는 다량의 엽록소, 필수 아미노산 조성이 좋은 단백질, 비타민, 미네랄, 핵산 및 불포화지방산 등을 함유하고 있을 뿐만 아니라 여러 가지 생리활성효과가 보고¹⁰⁻¹²⁾ 되어 주로 건강식품으로 사용되고 있다. 그러나 최근에는 건강식품이외에 클로렐라를 첨가한 라면, 국수, 김치, 떡 등 일반식품^{13,14)}으로 클로렐라의 용도가 확대되고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서도 두부에 새로운 기능성을 부여함과 동시에 저장성을 향상시키기 위하여 클로렐라를 함유한 두부를 제조하여 두부의 품질특성을 조사하였으며 15°C에서 보관하면서 클로렐라를 첨가하지 않은 두부와 저장성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료. 두부 제조에 사용된 대두는 미국산 수입대두를 사용하였으며, 클로렐라는 대상(주)(Seoul, Korea)의 제품이었다. 응고제로는 CaCl₂·2H₂O를 두유액에 대하여 0.3%로 첨가하였다.

두부의 제조 및 저장. 기존의 방법^{3,5)}을 약간 변형하여 Fig. 1과 같은 방법으로 두부를 제조하였다. 수세한 대두 100g을 실온에서 15시간 수침하여 세척하고 1l의 증류수를 가한 후 blender로 3분간 마쇄하였다. 대두 마쇄액에 클로렐라 분말을 대두량 기준으로 0~2%(w/w) 첨가하고 90°C에서 15분간 열처리한 후 cheesecloth로 불용성 물질을 제거하였다. 즉시 응고제

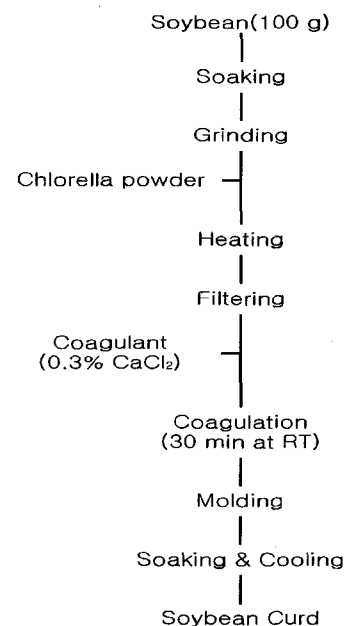


Fig. 1. The procedure for preparation of soybean curd containing chlorella.

*연락처

Phone: 82-41-630-3278, Fax: 82-41-632-3278

E-mail: manjin@chungwoon.ac.kr

를 첨가하고 30분간 방치한 후 성형틀(10×10×4 cm)로 응고 물을 옮기고 30분간 압착 성형하여 두부를 제조하였다. 폴리에틸렌 용기에 침지액으로 멸균 증류수 150 ml와 두부를 넣고 85°C에서 15분간 열처리한 후 급냉하여 15°C에서 7일간 저장하였다.

수율, 색도 및 Texture 측정. 두부의 수율은 압착 성형 후 무게를 측정하여 사용한 대두 무게를 기준으로 계산하였다. 제조된 두부의 색도는 분광측색계 JS555(Color Techno System Corp., Tokyo, Japan)를 이용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 10회 측정하여 평균값으로 얻었으며, 이때 표준 백색판의 L, a, b값은 각각 98.47, 0.20, -0.65이었다. 성형된 두부의 texture는 두부를 일정한 크기(6.0×4.0×1.5 cm)로 절단한 다음 rheometer(COMPAC-100, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 측정조건은 test type; mastication, table speed; 60 mm/min, adaptor type; 30 mm circle (No. 11)이었다.

두부의 미생물 수 및 pH 측정. 저장 중 두부의 미생물 총균수는 두부 1g에 멸균 식염수 9 ml를 혼합 분쇄하여 10진법으로 적절하게 희석하였다. 각각의 희석액 1 ml를 plate에 접종하고 plate count agar(Difco Laboratories, Detroit, MI) 배지를 부어 혼합하고 30°C에서 48시간 배양하여 형성된 colony를 계측하고 시료 g당 colony forming units(CFU/g)로 나타내었다. 두부의 pH는 두부 1g을 멸균 식염수 9 ml에 혼합 분쇄한 후 pH-meter(Orion 420A, Orion Research Inc., USA)를 이용하여 직접 측정하였다. 두부 침지액의 pH는 pH-meter로 직접 측정하였다.

관능검사. 클로렐라를 첨가한 두부에 대한 관능적 품질평가는 10명의 패널이 색상, 맛, 향기, 조직감, 전체적인 기호도를 특성항목으로 5점 척도법으로 측정하였으며 점수가 높을수록 특성이 강해지는 것을 나타내도록 하였다. 결과는 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL)를 이용하여 Tukey 검정법으로 통계 처리하였다.

결과 및 고찰

클로렐라 두부의 수율과 Texture. 클로렐라를 0~2%(w/w) 첨가한 두부를 성형한 후 무게를 측정하여 수율을 계산하여 비교하였다(Fig. 2). 그 결과 클로렐라를 0.5~2% 첨가하여 제조

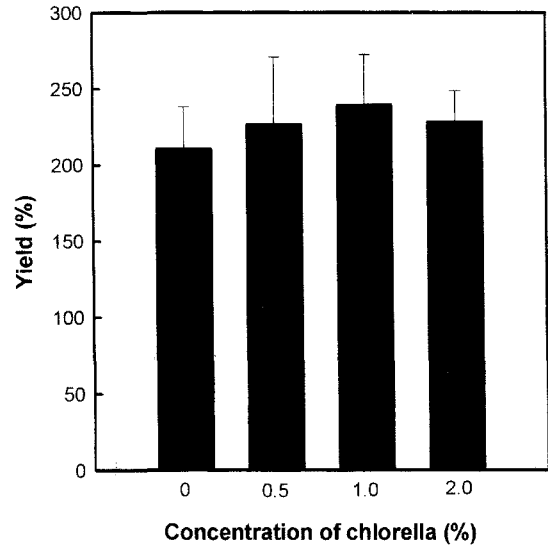


Fig. 2. Effect of concentration of chlorella on the yield of soybean curd.

한 경우 대두 100 g으로 얻을 수 있는 두부의 양은 220~240 g이었으며, 클로렐라를 첨가하지 않은 경우는 210 g의 두부를 얻었다. 통계적으로는 유의하지 않으나 반복 실험의 결과 클로렐라를 1% 첨가한 경우 두부제조 수율이 10% 이상 향상되는 일관성 있는 결과를 얻었다. 일반적으로 대두 100 kg으로부터 얻어지는 두부의 양은 약 220 kg으로¹⁵⁾ 본 연구에서 클로렐라를 사용하지 않은 경우의 결과도 이와 유사하였다. 클로렐라는 알칼리도가 매우 높은 식품으로 회분 함량은 8~10%이며 주로 Mg, K, Na, Mn 등의 양이온을 다량 함유하고 있다¹⁶⁾. 따라서 두부 제조시 클로렐라에 함유된 양이온들이 콩 단백질의 응고에 관여하여 두부 생성량을 다소 증가시키는 것으로 사료된다.

클로렐라를 첨가하여 제조한 두부의 texture를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 두부의 견고성과 검성은 클로렐라 첨가량에 비례하여 증가하였으며, 응집성과 탄성은 클로렐라의 첨가와 무관하였다. 견고성과 검성은 클로렐라의 첨가에 의하여 통계적으로 유의하게 증가하였으며 특히 클로렐라를 2% 첨가한 경우 견고성이 약 40% 증가하여 두부가 단단해지며 이러한 특성은 두부의 유통과정과 용도개발측면에서 장점이 될 수 있을 것이다. 클로렐라와 유사한 조류인 미역을 첨가하여 두부를 제조하였을 때 견고성이 감소하고 탄력성과 응집성이 증가한다는 보고¹⁷⁾와 본 연구와는 차이가 있었다.

두부의 색도와 관능검사. 클로렐라 첨가 두부를 제조한 후

Table 1. Effect of chlorella concentration on textural properties of soybean curd

Chlorella concentration (%)	Textural properties ¹⁾					
	Hardness (10 ⁵ dyne/cm ²)	Adhesiveness (g)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Chewiness (g)
0	1.85 ± 0.0315 ^{a2)}	-7.0 ± 1.41 ^a	82.63 ± 4.23	91.48 ± 5.74	349.86 ± 6.38 ^a	320.08 ± 21.01
0.5	2.39 ± 0.111 ^{bc}	-5.7 ± 1.53 ^a	81.93 ± 1.66	90.40 ± 1.02	351.61 ± 15.17 ^a	317.85 ± 13.68
1.0	2.21 ± 0.0998 ^b	-5.7 ± 0.58 ^a	78.06 ± 1.40	87.22 ± 2.09	416.44 ± 31.05 ^{ab}	363.30 ± 30.21
2.0	2.54 ± 0.115 ^c	-10.7 ± 0.58 ^b	80.00 ± 4.18	90.08 ± 7.95	461.96 ± 53.22 ^b	418.83 ± 18.64

¹⁾Values are mean ± SD (n=4).

²⁾Values with different superscripts within the same row are significantly different from the others at 5% level by the Tukey test.

Table 2. Comparison of color properties of chlorella soybean curds

Chlorella concentration (%)	Hunters color values		
	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)
0	88.73	-2.07	13.82
0.5	85.28	-4.02	14.83
1.0	87.14	-4.87	15.73
2.0	79.37	-6.35	16.20

두부의 색도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. L, a, b값 모두 클로렐라 첨가량이 증가할수록 낮은 값을 보였으며, 적색도를 나타내는 a값이 상대적으로 크게 감소하였다. 그러나 클로렐라를 2% 첨가한 경우에도 외관은 전체적으로 은은한 녹색을 나타내었다. 클로렐라와 유사한 색을 갖는 매실즙을 첨가하여 제조한 두부의 L, a, b값이 87.1, 2.0, 14.6이란 보고⁵⁾와 클로렐라를 0.5~1% 첨가한 본 결과를 비교하면 명도와 황색도는 매우 유사하며 적색도는 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

클로렐라 두부의 관능 특성을 무첨가 두부와 비교한 결과 (Table 3), 조직감은 2% 첨가구에서, 전체적인 기호도는 0.5% 첨가구에서 높은 값을 보였으나 전반적으로 클로렐라 첨가 두부가 낮은 값을 나타냈다. 그러나 색, 향, 맛 그리고 전체적인 기호도 항목에서는 통계적으로 유의하지 않았으며 조직감 항목에서만 유의성 있는 결과를 보였다.

두부의 저장성. 멸균한 증류수에 두부를 침지하여 85°C에서 15분간 열처리하고 냉각시켜 15°C에서 보관하면서 동시에 두부의 총균수와 pH를 경시적으로 조사하였다(Fig. 3). 모든 두부의 pH는 저장기간 5일까지 서서히 감소하였으나, 6일 이후에 일반두부의 pH가 클로렐라 두부보다 급격히 감소하였다. 저장기간 7일째 클로렐라 두부의 pH는 5.76~5.81이었으나 일반두부의 pH는 5.54까지 감소하였다. 두부의 부패를 간접적으로 monitoring할 수 있는 방법으로 보고¹⁸⁾된 두부 침지액의 pH를 측정된 결과 저장기간 7일째 클로렐라 두부의 pH는 5.47~5.60이었으나 일반두부의 pH는 5.25까지 감소하여 두부의 pH를 측정된 결과와 일치하는 경향이였다. 두부의 총균수는 저장기간에 따라 지수적으로 증가하였으며 클로렐라 두부에서 일반두부보다 적게 나타났다. 5일이 경과한 후 일반두부의 총균수는 5.6×10^8 CFU/g이었으나 클로렐라를 0.5% 첨가한 두부는 5.2×10^7 CFU/g, 1.0% 첨가한 두부는 3.2×10^7 CFU/g, 2%의 경우는 1.9×10^8 CFU/g이었으며 이러한 경향은 저장 7일째까지 유지되었다. 전체 저장기간 중 총균의 지수성장기에 해당하는 3~5

Table 3. Sensory evaluation scores of chlorella soybean curds

	Concentration of chlorella (%)			
	0	0.5	1.0	2.0
Color	4.00 ± 0.82 ¹⁾	3.20 ± 0.63	3.30 ± 0.95	3.10 ± 1.37
Flavor	3.10 ± 0.32	3.00 ± 0.47	3.10 ± 0.57	3.00 ± 1.05
Taste	3.60 ± 0.52	2.90 ± 1.29	2.60 ± 0.84	3.20 ± 1.62
Texture	3.50 ± 0.71 ^{a2)}	2.60 ± 0.52 ^b	3.10 ± 0.99 ^a	3.70 ± 0.95 ^a
Overall acceptability	3.20 ± 0.79	3.30 ± 0.67	2.80 ± 1.03	2.60 ± 1.27

¹⁾Values are mean ± SD (n=10).

²⁾Values with different superscripts within the same row are significantly different from the others at 5% level by the Tukey test.

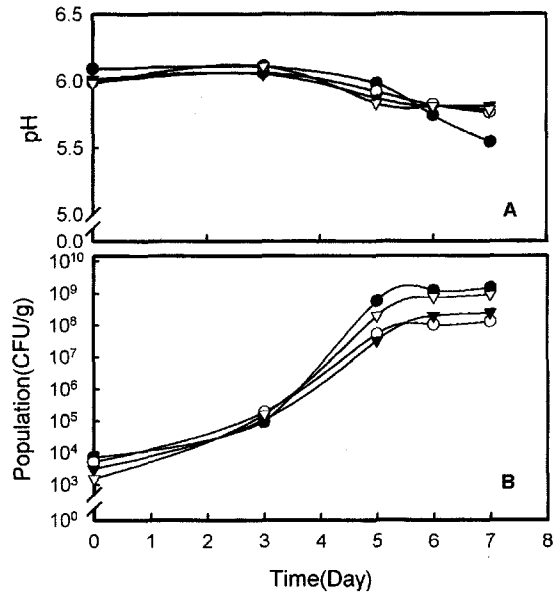


Fig. 3. Changes of pH (A) and total microbial counts (B) in soybean curd during storage at 15°C. ●: ordinary soybean curd; ○: soybean curd containing 0.5% chlorella; ▼: soybean curd containing 1.0% chlorella; ▽: soybean curd containing 2.0% chlorella.

Table 4. Effect of chlorella concentration on the specific growth rate of total aerobic bacteria during soybean curd storage

Chlorella concentration (%)	Specific growth rate (hr ⁻¹)
0	0.1815
0.5	0.1169
1.0	0.1182
2.0	0.1475

일 구간에서 미생물의 비증식 속도(specific growth rate)¹⁹⁾를 계산한 결과(Table 4), 클로렐라의 첨가에 의하여 총균의 비증식 속도가 약 20~35% 감소하는 것으로 나타났으며, 클로렐라의 첨가에 의하여 두부에서 미생물의 증식이 지연됨을 의미한다. 이것은 클로렐라의 첨가가 두부의 보존성 향상과 연관함을 시사하는 것으로 특히 0.5%와 1.0%의 클로렐라를 사용한 경우가 2.0%의 경우보다 미생물 증식의 지연효과가 우수하였다. 클로렐라의 열수 추출물이 효모의 증식을 촉진하는 것으로 알려져 있으나²⁰⁾, 본 연구에서는 클로렐라의 첨가량이 낮은 경우 미생물의 증식이 지연되는 것이 관찰되었다. 이러한 결과는 김치에 클로렐라를 첨가한 경우 유산균의 생육이 억제되어 김치의

보존기간이 향상된다는 보고¹⁴⁾와 일치하는 결과이다. 향후 클로렐라의 미생물 생육억제 성분에 관하여는 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 청운대학교 학술연구조성비의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Wu, M. T. and Salukhe, D. K. (1977) Extending shelf-life of fresh soybean curds by in-package microwave treatments. *J. Food Sci.* **42**, 1448-1450.
2. Prestamo, G., Lesmes, M., Otero, L. and Arroyo, G. (2000) Soybean vegetable protein (tofu) preserved with high pressure. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 2943-2947.
3. Chun, K. H., Kim, B. Y. and Hahm, Y. T. (1999) Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 161-166.
4. Lee, K. S., No, H. K. and Meyers, S. P. (2001) Effect of chitosan as a coagulant on shelf-life of tofu prepared in commercial-scale. *Food Sci. Biotechnol.* **10**, 529-533.
5. Jung, G. T., Ju, I. O., Choi, J. S. and Hong, J. S. (2000) Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 1087-1092.
6. Chun, K. H., Kim, B. Y., Son, T. I. and Hahm, Y. T. (1997) The extension of tofu shelf-life with water-soluble degraded chitosan as immersion solution. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 476-481.
7. Lee, K. S., Kim, D. H., Baek, S. H. and Chon, S. H. (1990) Effects of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean curd) on extending its shelf life. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 116-122.
8. Hwang, T. I., Kim, S. K., Park, Y. S. and Byoun, K. E. (2001) Studies on the storage of functional red soybean curd. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 1115-1119.
9. Kim, K. T., Im, J. S. and Kim S. S. (1996) A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 965-969.
10. Morita, K. and Matsueda, T. (1999) Chlorella accelerate dioxin excretion in rats. *J. Nutr.* **129**, 1731-1736.
11. Tanaka, K., Konishi, F. and Himeno, K. (1984) Augmentation of antitumor resistance by a strain of unicellular green algae *Chlorella vulgaris*. *Cancer Immunol. Immunother.* **17**, 90-94.
12. Cho, I. K., Kim, S. H., Kim, D. C., Chae, H. J., Oh, N. S., Kim, D. H. and In, M. J. (2001) Comparison on chlorine removal characteristics of *Chlorella vulgaris* and green tea in aqueous solution. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 344-349.
13. Park, M. K., Lee, J. M., Park, C. H. and In M. J. (2002) Quality characteristics of *Sulgidduk* containing chlorella powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 225-229.
14. In, M. J. and Park, M. K. (2001) Kimchi composition containing chlorella. KR Patent Application No. 2001-0074403.
15. Yang, H. C. (1991) In *Food Industry Semoonsa*, Seoul, Korea.
16. Song, J. C. (1992) In *Food Materials Kyomunsa*, Seoul, Korea.
17. Beak, S. H., Kang, K. H. and Choi, S. N. (1996) Effect of seaweeds added in preparation of tofu. *Korean J. Food & Nutr.* **9**, 529-535.
18. Ray Dotson, C., Frank, H. A. and Cavaletto, G. (1977) Indirect methods as criteria of spoilage in tofu (soybean curd). *J. Food Sci.* **42**, 273-274.
19. Oh, N. S., Chae, H. J. and In, M. J. (1999) In *Laboratory Manuals for Microbial and Enzyme Biotechnology* Hanchang, Seoul, Korea.
20. Kanno, T., Shinpo, K., Masada, M. and Tamura, G. (1996) Growth-promoting factor for yeast from an extract of *Chlorella vulgaris*. *Seibutsu Kogakkaishi* **74**, 159-162.

Studies on Quality Characteristics and Shelf-life of Chlorella Soybean Curd (Tofu)

Sung-Sook Kim, Min-Kyung Park, Nam-Soon Oh¹ Dong-Chung Kim² Min-Su Han³ and Man-Jin In* (Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, Hongsung 350-701, Korea; ¹Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan 340-800, Korea, ²Department of Food Science, Suncheon First College, Suncheon 540-744, Korea, ³Haechandle Foods Co., Ltd., Nonsan 320-833, Korea)

Abstract: The effect of chlorella addition on quality and shelf-life of soybean curd was investigated. The yield of chlorella soybean curd was the highest with 1.0% (w/w) chlorella addition. Hardness, gumminess, and chewiness of chlorella soybean curd increased, whereas Hunters color values decreased in proportion to amount of chlorella added. No significant differences were observed between the sensory properties of chlorella and ordinary soybean curds. Microbial counts of soybean curd stored in sterilized distilled water as tofu-immersion solution increased, whereas pH decreased during storage at 15°C. After 5 days storage, microbial counts of the soybean curds containing 0.5 and 1.0% chlorella were lower than that of the ordinary soybean curd. These results imply that chlorella is a useful additive to suppress the proliferation of aerobic microorganism in soybean curd at the optimal concentration of chlorella around 1%.

Key words: chlorella, soybean curd, shelf-life

*Corresponding author